

# Cordas vibrantes no violão

Alan Maciel; Maria Isabel V. Orselli; Rubens E.G. Machado e Zwinglio O. Guimarães-Filho

Instituto de Física da Universidade de São Paulo

## Introdução

Uma grande dificuldade enfrentada pelo professor de Física é a falta de motivação de seus alunos, para quem a disciplina parece muito distante do cotidiano. Uma opção para contornar esse problema é a utilização de exemplos e atividades relacionadas com os interesses dos estudantes. Nesse sentido, a música pode ser um importante aliado do professor na busca por motivação.

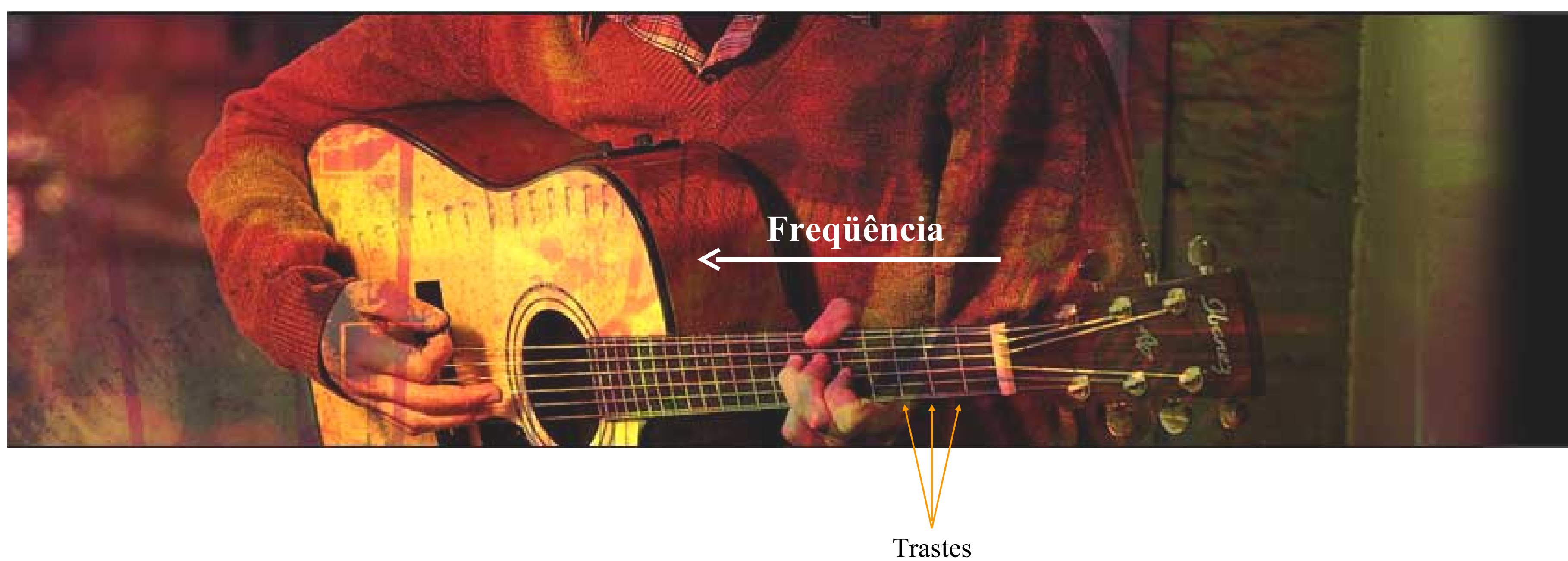
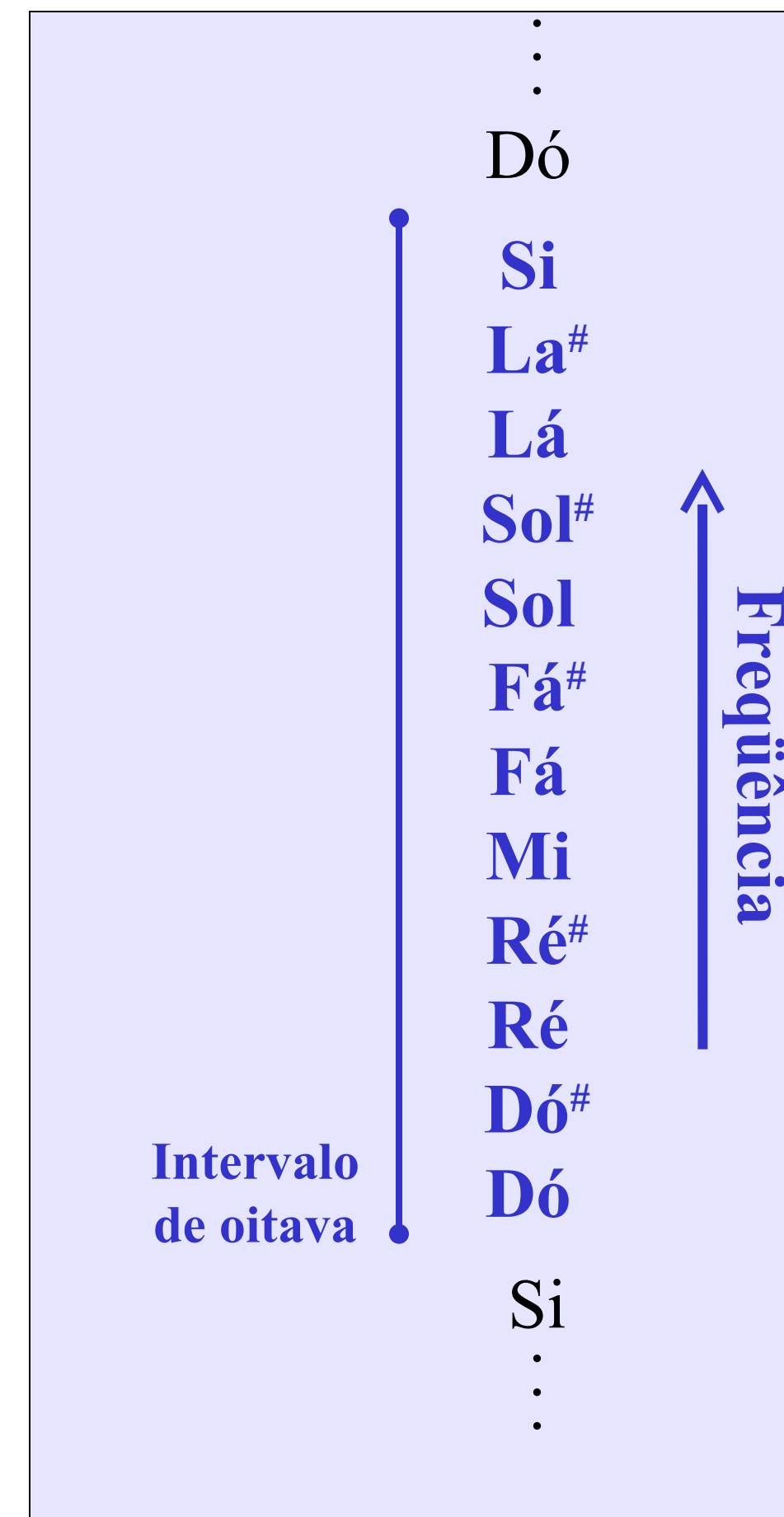
### Notas musicais e o violão

A escala musical comumente utilizada<sup>[1]</sup>, chamada escala temperada, divide cada oitava em 12 semitons e a cada oitava a frequência varia de um fator 2, sendo a razão entre as frequências de semitons vizinhos igual a  $2^{1/12}$ . Assim, com a definição da frequência de uma nota, toda a escala musical é construída e o padrão é o Lá fundamental, 440Hz.

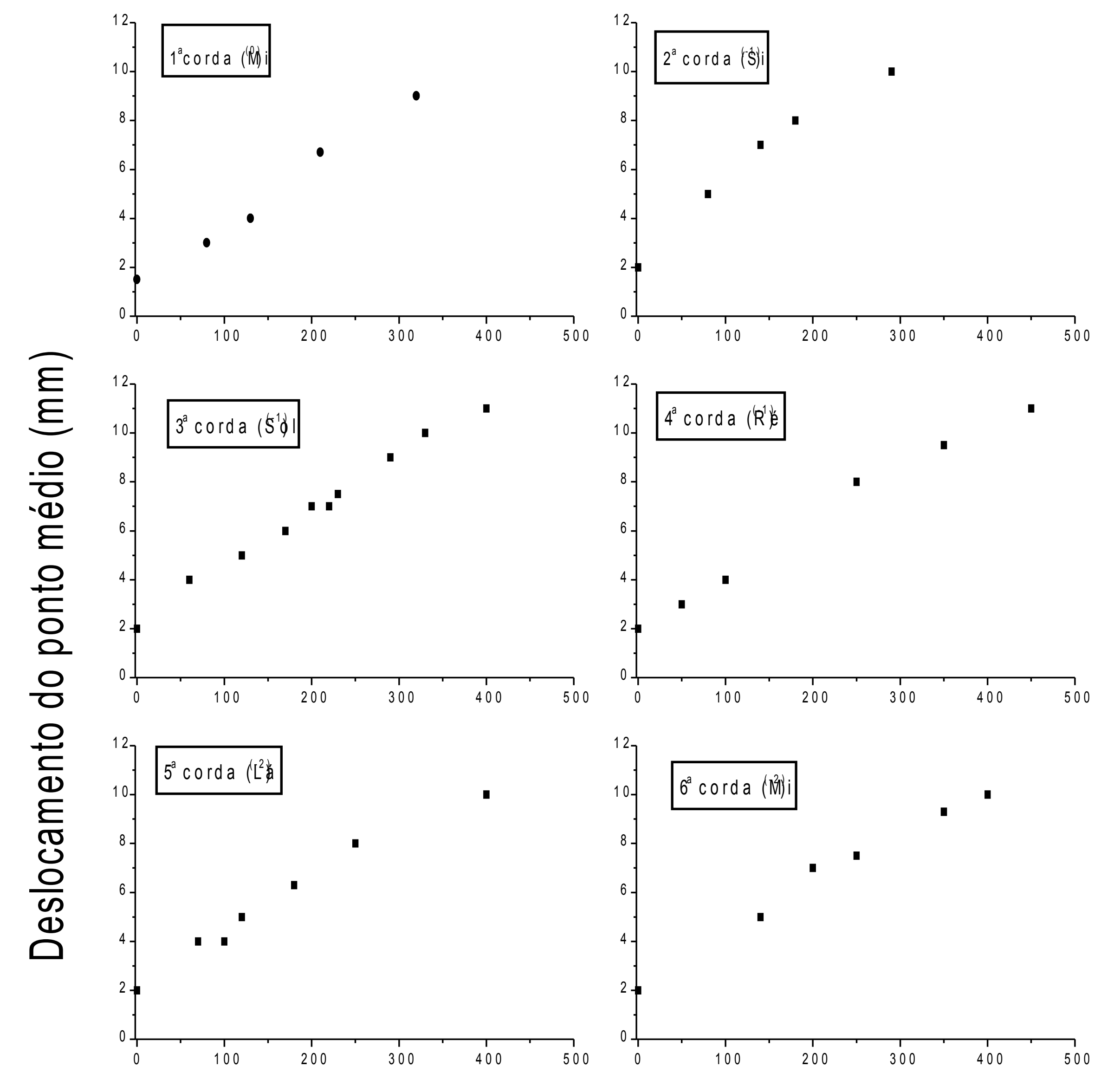
Em um instrumento de cordas como o violão, as notas musicais são obtidas através das frequências naturais de oscilação de suas cordas, dadas pela equação de Euler-Lagrange<sup>[1]</sup>:

$$f_n = \frac{n}{2.L} \sqrt{\frac{T}{\mu}} \quad (\text{equação 1})$$

Nesta expressão,  $n=1,2,3,\dots$  é o número do harmônico,  $L$  é o comprimento,  $T$  é a tração e  $\mu$  é a densidade linear do seguimento vibrante. A nota musical atribuída a cada corda é definida pela frequência do primeiro harmônico ( $n=1$ ). Diferentes notas musicais são obtidas em uma mesma corda no violão pela variação do comprimento do segmento vibrante, alterando a "posição" de um dos extremos da corda, pressionando-a entre dois trastes. A cada traste a nota emitida varia um semitom.



### Alguns resultados



Força aplicada na corda (kgf)

Gráficos da relação entre o deslocamento vertical do ponto médio da corda ( $h$ ) em função da força aplicada ( $F$ ), obtidos de medições em uma guitarra

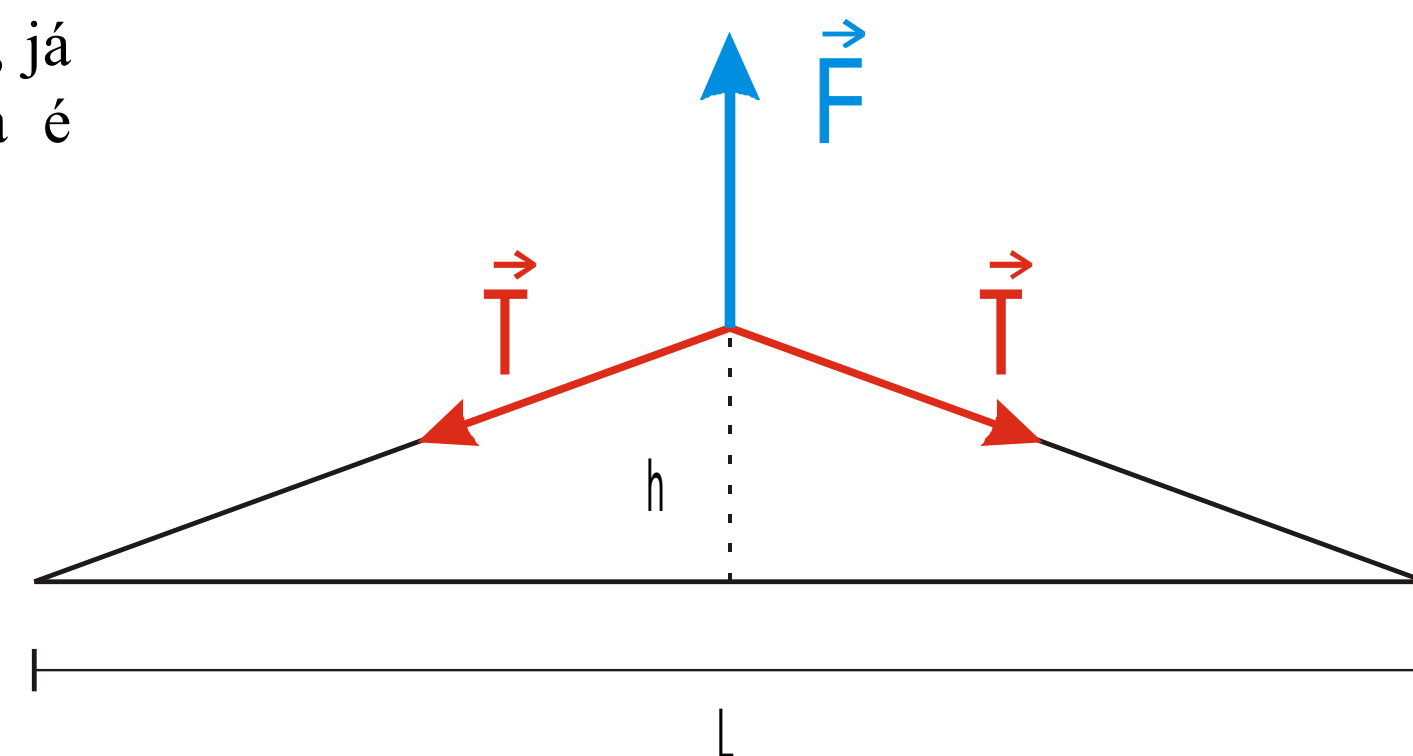
### Medições

A tração de cada corda do violão pode ser determinada com o uso de um dinamômetro, a partir do conceito de equilíbrio de forças. Puxando-se cada corda, na direção perpendicular a ela, como na figura ao lado, com uma força ( $F$ ) em seu ponto médio (que coincide com a posição do 12º traste), a tração ( $T$ ) da corda pode ser determinada pela seguinte relação, envolvendo o deslocamento ( $h$ ) do ponto médio:

$$T = \frac{L.F}{4.h} \quad (\text{equação 2})$$



Conhecendo-se a tração a que cada corda é submetida, pode-se calcular sua densidade linear com o uso da equação de Euler-Lagrange, já que, se utilizarmos um violão afinado, a frequência de cada corda é determinada pela sua respectiva nota



### Conclusões

Este estudo foi efetuado pelo grupo de alunos que é co-autor deste trabalho na atividade final<sup>[2]</sup> da disciplina Física Experimental 2 do Instituto de Física da USP. As trações determinadas foram semelhantes para as 6 cordas, havendo variação inferior a 20%. Para verificar a validade do procedimento, o encordoamento do violão foi retirado e a densidade linear de cada uma das cordas foi medida de maneira direta com o auxílio de uma balança. A concordância entre as densidades obtidas pelos dois métodos foi excelente, dentro da precisão alcançada de 5%.

Uma interessante conclusão que se pode tirar deste experimento diz respeito à tecnologia de fabricação de encordoamentos de violão. Para se conseguir notas de frequências muito diferentes são utilizadas cordas de diferentes densidades lineares (entre 0,4 e 5,3g/m), visando manter as trações semelhantes (~55N), provavelmente com o intuito de evitar deformações no braço do violão.

### Agradecimentos

Os autores agradecem a preciosa colaboração da musicista Christiane Mayra Cazita Figueredo que forneceu todas as informações sobre o funcionamento do violão. Este trabalho contou ainda com as importantes contribuições de: Juan Y.Z. Chávez, Diogo B. Tridapalli, Jairo Cavalcante, Gabriel R.S. Zarnauskas e Thais M. Scherrer.

Para a realização do experimento, contamos também com o auxílio dos técnicos dos Laboratórios Didático e de Demonstrações do IFUSP.

### Referências:

- 1) H.M. Nussenzweig, Curso de Física Básica, vol. 2, São Paulo Edgard Blücher, (1981), pág 133.
- 2) L.B. Horodyski-Matsushigue et al, Um experimento optativo como avaliação de aprendizagem em um curso introdutório de laboratório de Física, Programas e Resumos do XIII SNEF 1999, pág. 42.